

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    1 月 2 3 日  
Date of Application:

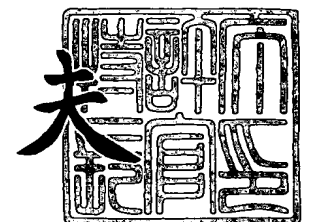
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 0 1 4 4 5 1  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 3 - 0 1 4 4 5 1 ]

出      願      人                      ソニー株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 2 6 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 0290743403

【提出日】 平成15年 1月23日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01S 03/18

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
内

【氏名】 佐藤 典文

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095821

【弁理士】

【氏名又は名称】 大澤 斌

【選任した代理人】

【識別番号】 100095326

【弁理士】

【氏名又は名称】 畑中 芳実

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 023766

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010728

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ素子及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 AlGaAs系材料のリッジストライプ型半導体レーザ素子において、

活性層を上下に挟む上部AlGaAs系クラッド層及び下部AlGaAs系クラッド層が、それぞれ、活性層に近いAlGaAs系第1クラッド層と、活性層に関しAlGaAs系第1クラッド層の外側に設けられ、かつAlGaAs系第1クラッド層よりAl組成が大きく、屈折率が低いAlGaAs系第2クラッド層とを含む二層以上のクラッド層で構成されていることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項2】 第1クラッド層及び第2クラッド層が、それぞれ、 $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0 < x < 1$ ) 層及び $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0 < y < 1$ ) 層として形成され、かつ $x < y$ であることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ素子。

【請求項3】 AlGaAs系材料のリッジストライプ型半導体レーザ素子において、

GaAs基板の上に、基板と同じ導電型の $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0 < y < 1$ ) クラッド層、基板と同じ導電型の $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0 < x < 1$ ) クラッド層、ノンドープ活性層部、基板と逆導電型の $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0 < x < 1$ ) 第1クラッド層、 $Al_zGa_{1-z}As$  ( $0 < z \leq 1$ ) エッチングストップ層、基板と逆導電型の $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0 < x < 1$ ) 第2クラッド層、基板と逆導電型の $Al_yGa_{1-y}As$  ( $0 < y < 1$ ) 第3クラッド層、及び基板と逆導電型のGaAsコンタクト層からなる積層構造を備え、

それぞれ、第2クラッド層、第3クラッド層、及びコンタクト層が、ストライプ状のリッジとして形成され、

前記エッチングストップ層のAl組成比 $z$ 、第1クラッド層及び第2クラッド層のAl組成比 $x$ 、並びに第3クラッド層のAl組成比 $y$ が、 $x < z$ で、かつ $x < y$ であり、 $x$ と $z$ の差が0.025以上に設定されていることを特徴とする半

導体レーザ素子。

【請求項4】 前記エッチングストップ層の膜厚が、 $0.015\mu\text{m}$ 以上 $0.02\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項3に記載の半導体レーザ素子。

【請求項5】  $\text{AlGaAs}$ 系材料のリッジストライプ型半導体レーザ素子の製造方法において、

活性層部上に、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0 < x < 1$ ) 第1クラッド層、 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$  ( $0 < z \leq 1$ ) エッチングストップ層、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0 < x < 1$ ) 第2クラッド層、 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $0 < y < 1$ ) 第3クラッド層、及び $\text{GaAs}$ コンタクト層からなる積層構造であって、エッチングストップ層の $\text{Al}$ 組成比 $z$ 、第1クラッド層及び第2クラッド層の $\text{Al}$ 組成比 $x$ 、並びに第3クラッド層の $\text{Al}$ 組成比 $y$ が、 $x < z$ で、かつ $x < y$ であり、 $x$ と $z$ の差が $0.025$ 以上に設定されている積層構造を形成する工程と、

コンタクト層、第3クラッド層、及び第2クラッド層をウエットエッチングして、ストライプ状のリッジを形成する工程と

を有し、

リッジ形成工程では、

コンタクト層、第3クラッド層及び第2クラッド層の途中までウエットエッチングする第1エッチング工程と、

第2クラッド層の残部をエッチングストップ層までクエン酸水溶液と過酸化水素水との混合液からなるエッチャントでウエットエッチングする第2エッチング工程と

を有することを特徴とする半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項6】 第1エッチング工程でエッチングされた積層構造をクエン酸水溶液で浸漬洗浄する洗浄ステップを第1エッチング工程と第2エッチング工程との間に有することを特徴とする請求項5に記載の半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項7】 第1エッチング工程でエッチングされた積層構造を、大気及び水に曝すことなく、第1エッチング工程から洗浄ステップを経て第2エッチング工程に移行することを特徴とする請求項6に記載の半導体レーザ素子の製造方

法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体レーザ素子及びその製造方法に関し、更に詳細には、動作電圧が低く、素子抵抗の小さいAlGaAs系材料のリッジストライプ型半導体レーザ素子及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、AlGaAs系材料を用いた赤外波長帯の半導体レーザ素子は、光ディスクの読み取り装置、書き換え装置、イニシャライザー等の光源として利用されている。特に、Nd:YAGやNd:YVO<sub>4</sub>等の結晶の吸収帯が808nm付近にあるので、Nd:YAGやNd:YVO<sub>4</sub>等の固体レーザの励起用光源として、横多モードレーザ光を発振するブロードストライプ型の赤外高出力半導体レーザが期待されている。また、赤外波長帯の高出力半導体レーザを利用した溶接等の加工機も使われ始めている。

これらの分野で使用される高出力半導体レーザ素子では、特に、高い光閉じこめ効率と低閾値電流の実現が求められている。

【0003】

ここで、図10を参照して、埋め込みリッジ型の構造を有する従来のAlGaAs系半導体レーザ素子の構成を説明する。図10は埋め込みリッジ型の構造を有する従来のAlGaAs系半導体レーザ素子の断面図である。

従来の埋め込みリッジ型のAlGaAs系半導体レーザ素子200は、図10に示すように、n-GaAs基板201上に、n-GaAsバッファ層202、n-Al<sub>0.47</sub>GaAsクラッド層203、活性層部204、p-Al<sub>0.47</sub>GaAs第1クラッド層205、エッチングストップ層206、p-Al<sub>0.47</sub>GaAs第2クラッド層207、及びp-GaAsコンタクト層208を順次エピタキシャル成長させたダブルヘテロ構造の積層構造を備えている。

p-第2クラッド層207及びp-コンタクト層208が、リッジとして形成

され、電流注入領域 220 を構成している。電流注入領域 220 を構成するリッジの両脇は、例えば  $n\text{-GaAs}$  電流阻止層 211 で埋め込まれ、電流非注入領域 221 を形成している。

また、 $p$ -コンタクト層 208 及び  $n\text{-GaAs}$  電流阻止層 211 上には  $p$  側電極 212 が、 $n\text{-GaAs}$  基板 201 の裏面には  $n$  側電極 213 が設けられている。

#### 【0004】

上述の半導体レーザ素子 200 は、リッジストライプ型の電流注入領域 220 の両側が電流注入領域 220 と逆型の半導体材料で埋め込まれていることにより、電流狭窄と屈折率導波を同時に可能としている。

従って、上述の半導体レーザ素子 200 は、注入キャリアとレーザ光の双方をストライプ領域に有効に閉じ込めることが出来る構造を備えていると言える。

#### 【0005】

次に、図 11 から図 13 を参照して、上述の従来の半導体レーザ素子 200 の製造方法を説明する。図 11 (a) と (b)、図 12 (c) と (d)、及び図 13 (e) と (f) は、それぞれ、従来の半導体レーザ素子 200 を製造する際の各工程の層構造を示す断面図である。

先ず、図 11 (a) に示すように、MOVPE (Metal Organic Vapor Phase Epitaxy) 法やMOCVD法 (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法等の有機金属気相成長法により、第 1 のエピタキシャル成長工程で、 $n\text{-GaAs}$  基板 201 上に、 $n\text{-GaAs}$  バッファ層 202、 $n\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  クラッド層 203、活性層部 204、 $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第 1 クラッド層 205、エッチングストップ層 206、 $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第 2 クラッド層 207、及び  $p\text{-GaAs}$  コンタクト層 208 を順次エピタキシャル成長させ、ダブルヘテロ構造を有する積層体 210 を形成する。

エピタキシャル成長に際しては、 $n$  型ドーパントとして  $\text{Si}$ 、 $\text{Se}$  等を、 $p$  型ドーパントとして  $\text{Zn}$ 、 $\text{Mg}$ 、 $\text{Be}$  等を使用する。

#### 【0006】

次に、図 11 (b) に示すように、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法

等により  $\text{SiO}_2$  膜 214 を上述の積層体 210 の上面、つまり  $\text{p-GaAs}$  コンタクト層 208 上に成膜し、更に  $\text{SiO}_2$  膜 214 の上面に写真触刻によりストライプ状のレジストマスク 215 を形成する。

#### 【0007】

次に、レジストマスク 215 を用いて  $\text{SiO}_2$  膜 214 をパターンニングし、続いてレジストマスク 215 を除去して、図 12 (c) に示すように、 $\text{SiO}_2$  マスク 214 を  $\text{p-GaAs}$  コンタクト層 208 上に形成する。

#### 【0008】

次いで、図 12 (d) に示すように、 $\text{SiO}_2$  マスク 214 上からウエットエッチング技術により  $\text{p-GaAs}$  コンタクト層 208、及び  $\text{p-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第 2 のクラッド層 207 をエッチングして、リッジを形成する。

エッチングを行う際には、 $\text{p-GaAs}$  コンタクト層 208 及び  $\text{p-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第 2 のクラッド層 207 を完全に除去し、エッチングストップ層 206 でエッチングを停止できるエッチング選択性を持ったエッチャントを用いてエッチングを行う。これにより、エッチングストップ層 206 に対して  $\text{p-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第 2 のクラッド層 207 を選択的に除去できる。

#### 【0009】

次に、図 13 (e) に示すように、第 2 のエピタキシャル成長工程に移行し、リッジの両側に  $\text{n-GaAs}$  電流阻止層 211 を選択成長させる。このとき、リッジ部上面には  $\text{SiO}_2$  マスク 214 が存在するので、リッジ上には  $\text{n-GaAs}$  電流阻止層は成長しない。

次いで、図 13 (f) に示すように、 $\text{SiO}_2$  マスク 214 を除去し、続いて  $\text{p}$ -コンタクト層 208 及び  $\text{n-GaAs}$  電流阻止層 211 上に  $\text{p}$  側電極 212 を、 $\text{n-GaAs}$  基板 201 の裏面に  $\text{n}$  側電極 213 を形成する。

以上の工程を経て、上述の従来の半導体レーザ素子 200 を作製することができる。

#### 【0010】

ところで、上述した半導体レーザ素子 200 には、以下のような問題があった。

第1の問題は、構造上の理由から、半導体レーザ素子の動作電圧が高く、また素子抵抗が大きいということである。

第2の問題は、構造上の理由から、製造プロセスが複雑になり、コスト高になるということである。

#### 【0011】

先ず、リッジ形成に伴う問題である。図12(d)において、エッチングストップ層206を $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-m}\text{As}$ とし、エッチングしてストライプ状のリッジを形成する際に使用するエッチャントとして、例えばフッ酸系エッチャントを使うものとする。

$\text{Al}_m\text{Ga}_{1-m}\text{As}$ からなるエッチングストップ層206がフッ酸系エッチャントに対しエッチング選択性を有しないとすれば、エッチングがエッチングストップ層206を貫通して $\text{p-Al}_{0.47}\text{GaAs}$ 第1クラッド層205に達し、場合によっては、活性層部204にまで至ることもある。

#### 【0012】

フッ酸系エッチャントによるエッチングレートはAl組成に依存するので、フッ酸系エッチャントを使用する限り、 $\text{p-Al}_{0.47}\text{GaAs}$ 第2クラッド層207をエッチングでき、かつエッチングストップ層206で停止するようなAl組成にエッチングストップ層206のAl組成 $m$ を設定することが必要になる。

例えば、 $\text{p-Al}_{0.47}\text{GaAs}$ 第2クラッド層207とエッチングストップ層206とのエッチング選択性が大きくなるように、 $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-m}\text{As}$ エッチングストップ層のAl組成 $m$ を低くすると、エッチングストップ層206でのキャリアの再結合が増えて、リーク電流が増大し、素子抵抗が上昇するといった問題が生じる。

#### 【0013】

エッチングストップ層206のAl組成 $m$ の調整に代えて、フッ酸系エッチャントの濃度を調整して、 $\text{p-Al}_{0.47}\text{GaAs}$ 第2クラッド層207とエッチングストップ層206との選択性を大きくしようとすると、 $\text{p-Al}_{0.47}\text{GaAs}$ 第2クラッド層207のエッチングレートが低下して、エッチングできないといった問題が生じる。



つまり、フッ酸系エッチャントの濃度によるエッチング選択性制御は困難であると言わざるを得ない。

また、フッ酸系エッチャントを使用すると、このエッチャントは、 $\text{SiO}_2$  マスク 214 もエッチングする。そのため、 $\text{SiO}_2$  マスク 214 に対する選択性も取れるように、フッ酸系エッチャントの濃度を決定しなければならず、更には  $\text{SiO}_2$  マスク 214 の膜厚も最適な値にしなければならない。つまり、フッ酸系エッチャントの使用には、面倒な作業が必要になる。

#### 【0014】

別法として、エッチングストップ層 206 に  $\text{GaInP}$  を使用し、エッチャントとしてフッ酸系エッチャントに代えて例えば硫酸系エッチャントを採用すれば、エッチング選択率は大きく取ることができるので、エッチングをエッチングストップ層 206 で停止させることができる。

#### 【0015】

しかし、エッチングストップ層 206 に  $\text{GaInP}$  を採用すると、第 1 のエピタキシャル成長工程で、 $\text{GaInP}$  エッチングストップ層を成長させる際にそれまでの  $\text{As}$  系の炉雰囲気から  $\text{P}$  系の炉雰囲気に置換し、炉の成長温度を一度下げて  $\text{GaInP}$  エッチングストップ層を成長させなければならない。次いで、 $\text{GaInP}$  エッチングストップ層を成長させた後に、再度、炉の成長温度を上昇させ、 $\text{As}$  系の炉雰囲気に戻し、残りの  $\text{p-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第 2 クラッド層 207、 $\text{p-GaAs}$  コンタクト層 208 を成長させることが必要になる。

この結果、結晶成長プロセスが複雑になり、エピタキシャル成長工程の作業時間が長くなり、コスト高になる。

また、 $\text{GaInP}$  エッチングストップ層を採用した高出力のブロードストライプ型半導体レーザ素子では、 $\text{GaInP}$  エッチングストップ層により生じた格子歪みの影響により、 $\text{NFP}$  (Near Field Pattern) の形状に大きな変化を与えてしまうことが分かっている。

#### 【0016】

そこで、特開平 5-259574 号公報は、これらの問題を解決するために、有機酸と過酸化水素とからなるエッチャントを用い、クラッド層を選択的にエッ

チングしてリッジ形成を行う方法を提案している。

即ち、前掲公報によれば、Al組成比が0.38～0.6のAlGaAsをクラッド層に、Al組成が0.6以上のAlGaAs層をエッチングストップ層に採用し、かつ特定したエッチャントを使用することにより、再現性よくリッジを形成し、半導体レーザ素子を容易に作製することができるとしている。

#### 【0017】

前掲公報は、例えばクラッド層にAl<sub>0.5</sub>GaAsを、エッチングストップ層に膜厚0.06 μmのAl<sub>0.6</sub>GaAsを採用し、エッチャントとしては酒石酸と過酸化水素水の混合液を使用する実施例を開示している。

そして、この特定エッチャントは、Al<sub>0.5</sub>GaAs層をエッチングするもののAl<sub>0.6</sub>GaAs層をエッチングしないので、Al<sub>0.6</sub>GaAs層が表出した時点で、エッチングは停止し、再現よくリッジ形成ができるとしている。

#### 【0018】

また、エッチングストップ層とクラッド層に同じAlGaAs層を用いているので、エッチングストップ層とクラッド層の成長条件が同じであり、Al組成比をコントロールするだけで、クラッド層とエッチングストップ層の連続成長を極めて容易にかつ結晶性の良好な成膜を行うことができるとしている。

また、エッチングストップ層のAl組成がクラッド層のAl組成よりも高く、クラッド層の屈折率よりも低い屈折率領域を設けることができるので、光の閉じ込め効率が良くなるとしている。

#### 【0019】

##### 【特許文献1】

特開平5-259574号公報（図1）

#### 【0020】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、前掲公報による半導体レーザ素子の構造では、Al<sub>0.5</sub>GaAsクラッド層よりも屈折率の低いAl<sub>0.6</sub>GaAsエッチングストップ層がリッジ側に存在するため、活性層より発生した光はリッジと反対側へ押し出されてしまうといった問題が生じ、光閉じ込め効率の向上が難しい。

## 【0021】

また、 $\text{Al}_{0.6}\text{GaAs}$  エッチングストップ層の膜厚を厚く設定すると、光学的特性は向上するが、 $\text{Al}_{0.6}\text{GaAs}$  エッチングストップ層はクラッド層である  $\text{Al}_{0.5}\text{GaAs}$  よりもバンドギャップが大きいので、キャリアに対して障壁になってしまい、膜厚を厚くするほど、閾値電流が大きくなるといった問題が生ずる。

## 【0022】

本発明は、上述したような従来の技術が有する問題点に鑑みてなされたものであって、縦方向の光閉じ込め効率が高く、しきい電流が低く、素子抵抗が小さい  $\text{AlGaAs}$  系半導体レーザ素子及びその製造方法を提供することを目的としている。

## 【0023】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明に係る半導体レーザ素子（以下、第1の発明と言う）は、 $\text{AlGaAs}$  系材料のリッジストライプ型半導体レーザ素子において、

活性層を上下に挟む上部  $\text{AlGaAs}$  系クラッド層及び下部  $\text{AlGaAs}$  系クラッド層が、それぞれ、活性層に近い  $\text{AlGaAs}$  系第1クラッド層と、活性層に関し  $\text{AlGaAs}$  系第1クラッド層の外側に設けられ、かつ  $\text{AlGaAs}$  系第1クラッド層より  $\text{Al}$  組成が大きく、屈折率が低い  $\text{AlGaAs}$  系第2クラッド層とを含む二層以上のクラッド層で構成されていることを特徴としている。

## 【0024】

第1の発明に係る半導体レーザ素子では、第1クラッド層の屈折率が第2クラッド層のクラッド層より高いので、活性層よりしみ出した光は、第1クラッド層内に効率良く閉じ込められ、半導体レーザ素子の光閉じ込め係数が高くなる。

具体的には、第1クラッド層及び第2クラッド層が、それぞれ、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0 < x < 1$ ) 層及び  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $0 < y < 1$ ) 層として形成され、かつ  $x < y$  である

## 【0025】

本発明に係る別の半導体レーザ素子（以下、第2の発明と言う）は、AlGaAs系材料のリッジストライプ型半導体レーザ素子において、

GaAs基板上に、基板と同じ導電型の $Al_y Ga_{1-y} As$  ( $0 < y < 1$ ) クラッド層、基板と同じ導電型の $Al_x Ga_{1-x} As$  ( $0 < x < 1$ ) クラッド層、ノンドープ活性層部、基板と逆導電型の $Al_x Ga_{1-x} As$  ( $0 < x < 1$ ) 第1クラッド層、 $Al_z Ga_{1-z} As$  ( $0 < z \leq 1$ ) エッチングストップ層、基板と逆導電型の $Al_x Ga_{1-x} As$  ( $0 < x < 1$ ) 第2クラッド層、基板と逆導電型の $Al_y Ga_{1-y} As$  ( $0 < y < 1$ ) 第3クラッド層、及び基板と逆導電型のGaAsコンタクト層からなる積層構造を備え、

それぞれ、第2クラッド層、第3クラッド層、及びコンタクト層が、ストライプ状のリッジとして形成され、

前記エッチングストップ層のAl組成比 $z$ 、第1クラッド層及び第2クラッド層のAl組成比 $x$ 、並びに第3クラッド層のAl組成比 $y$ が、 $x < z$ で、かつ $x < y$ であり、 $x$ と $z$ の差が0.025以上に設定されていることを特徴としている。

#### 【0026】

第2の発明では、第1の発明の効果に加えて、第1クラッド層及び第2クラッド層のAl組成比 $x$ とエッチングストップ層のAl組成比 $z$ の差が0.025以上と小さな差であることから、エッチングストップ層での素子抵抗を低減でき、閾値電流の低い半導体レーザ素子可以实现できる。

また、第2の発明で特定したエッチングストップ層を備えることにより、リッジ形成に際し、エッチングストップ層と第2クラッド層との間でエッチング選択性を有するエッチャントの選定が可能になり、例えばクエン酸系エッチャントを選定して、簡易なプロセスで再現性良くリッジを形成することができる。

第2の発明では、エッチングストップ層がクラッド層と同じAlGaAs系材料で形成されているので、第1クラッド層、エッチングストップ層、第2クラッド層、第3クラッド層、及びコンタクト層のエピタキシャル成長を連続して行うことができる。

#### 【0027】

また、第2の発明では、第2クラッド層のエッチングに際し、エッチングストップ層と第2クラッド層との間でエッチング選択性を有するエッチャントの選定、例えばクエン酸系エッチャントの選定を前提として、 $Al_z Ga_{1-z} As$  ( $0 < z \leq 1$ ) エッチングストップ層の膜厚が $0.015 \mu m$ 以上 $0.02 \mu m$ 以下に設定されている。

エッチングストップ層の膜厚が薄いので、活性層より発生した光に対するエッチングストップ層の屈折率による影響を低減でき、従って半導体レーザ素子の光学特性に及ぼす影響が殆ど生じない。

エッチングストップ層の膜厚が $0.015 \mu m$ 未満ではエッチングストップ層の効果が乏しく、またエッチングストップ層の効果を奏する上で $0.02 \mu m$ 以上にする必要はなく、 $0.02 \mu m$ 以上にすると、閾値電流が大きくなるという問題が生じる。

#### 【0028】

尚、リッジの形成に際し、 $Al_z Ga_{1-z} As$  ( $0 < z \leq 1$ ) エッチングストップ層を除去した構造を形成しても良く、また、リッジ形成のためのエッチングが基板と逆型の $Al_x Ga_{1-x} As$  ( $0 < x < 1$ ) 第1クラッド層に至っている構造であってもよい。

#### 【0029】

また、第2の発明で、 $Al_x Ga_{1-x} As$  ( $0 < x < 1$ ) 第1クラッド層と $Al_x Ga_{1-x} As$  ( $0 < x < 1$ ) 第2クラッド層のAl組成xは、相互に異なっているてもよい。

$Al_z Ga_{1-z} As$  ( $0 < z \leq 1$ ) エッチングストップ層は、 $Al_x Ga_{1-x} As$  ( $0 < x < 1$ ) 第2クラッド層よりもAl組成が $0.025$ 以上大きくなっている限り、 $Al_y Ga_{1-y} As$  ( $0 < y < 1$ ) 第3クラッド層と同じAl組成であってもよい。

#### 【0030】

本発明に係る半導体レーザ素子の製造方法は、 $AlGaAs$ 系材料のリッジストライプ型半導体レーザ素子の製造方法において、

活性層部上に、 $Al_x Ga_{1-x} As$  ( $0 < x < 1$ ) 第1クラッド層、 $Al_z G$

$\text{Al}_{1-z}\text{As}$  ( $0 < z \leq 1$ ) エッチングストップ層、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0 < x < 1$ ) 第2クラッド層、 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $0 < y < 1$ ) 第3クラッド層、及び  $\text{GaAs}$  コンタクト層からなる積層構造であって、エッチングストップ層の  $\text{Al}$  組成比  $z$ 、第1クラッド層及び第2クラッド層の  $\text{Al}$  組成比  $x$ 、並びに第3クラッド層の  $\text{Al}$  組成比  $y$  が、 $x < z$  で、かつ  $x < y$  であり、 $x$  と  $z$  の差が  $0.025$  以上に設定されている積層構造を形成する工程と、

コンタクト層、第3クラッド層、及び第2クラッド層をウエットエッチングして、ストライプ状のリッジを形成する工程と

を有し、

リッジ形成工程では、

コンタクト層、第3クラッド層及び第2クラッド層の途中までウエットエッチングする第1エッチング工程と、

第2クラッド層の残部をエッチングストップ層までクエン酸水溶液と過酸化水素水との混合液からなるエッチャントでウエットエッチングする第2エッチング工程と

を有することを特徴としている。

#### 【0031】

本発明方法では、クエン酸水溶液と過酸化水素水との混合液からなるエッチャントでウエットエッチングすることが難しい第3クラッド層及び  $\text{GaAs}$  コンタクト層を第1エッチング工程で例えば硫酸系エッチャントでウエットエッチングし、次いでエッチングストップ層に対してエッチング選択性を有するエッチャントで第2クラッド層の残部を除去して、リッジを形成する。

第1エッチング工程で、エッチングの面内均一性が良好でなく、エッチングむらが生じていても、第2エッチング工程で良好な面内均一性でエッチングできるので、半導体レーザ素子の特性がばらつくようなことが生じない。

#### 【0032】

本発明方法によれば、エッチングストップ層として上述のように  $\text{Al}$  組成を特定した  $\text{AlGaAs}$  層を設けることにより、リッジを形成する際のエッチングストップ層は  $0.015\mu\text{m}$  以上  $0.02\mu\text{m}$  以下に薄く形成してもエッチング選

損性を十分に確保することができ、リッジ形成を容易に行うことができる。

#### 【0033】

また、本発明の方法によれば、エッチングストップ層がクラッド層と同じ  $A_{1-z}Ga_zAs$  ( $0 < z \leq 1$ ) で形成されているので、第1のエピタキシャル成長工程でエッチングストップ層を成長させる際、炉の成長温度を変える必要がなく、第1クラッド層、エッチングストップ層、第2クラッド層、第3クラッド層、及びコンタクト層のエピタキシャル成長を連続して行うことができる。つまり、本発明方法によれば、簡便に且つ短時間で半導体レーザ素子の積層構造を形成することができるので、低コストの半導体レーザ素子の実現できる。

#### 【0034】

本発明方法の好適な実施態様では、第1エッチング工程でエッチングされた積層構造を、大気及び水に曝すことなく、第1エッチング工程から洗浄ステップを経て第2エッチング工程に移行する。

大気及び水に曝すことなく、ウエハを移動させるには、例えば不活性ガス雰囲気或いは真空中でウエハを移動させる。

これにより、リッジ形成プロセス中にウエハを大気や水に曝すことがないので、ウエハ表面の自然酸化が防止され、ウエハ表面の白濁やエッチングむら等のない再現性の良いプロセスが可能となる。

#### 【0035】

##### 【発明の実施の形態】

以下に、実施形態例を挙げ、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を具体的かつ詳細に説明する。尚、以下の実施形態例で示す成膜方法、化合物半導体層の組成及び膜厚、プロセス条件等は、本発明の理解を容易にするための一つの例示であって、本発明はこの例示に限定されるものではない。

##### 半導体レーザ素子の実施形態例

本実施形態例は、本発明に係る半導体レーザ素子の実施形態の一例であって、図1は本実施形態例の半導体レーザ素子の構成を示す断面図である。

本実施形態例の半導体レーザ素子100は、 $n-GaAs$ 基板101上に、 $n-GaAs$ バッファ層102、 $n-Al_{0.6}GaAs$ クラッド層103、 $n-A$

10.47GaAs クラッド層 104、活性層部 105、p-Al<sub>0.47</sub>GaAs 第1 クラッド層 106、Al<sub>0.55</sub>GaAs エッチングストップ層 107、p-Al<sub>0.47</sub>GaAs 第2 クラッド層 108、p-Al<sub>0.6</sub>GaAs 第3 クラッド層 109、及び p-GaAs コンタクト層 110が、順次、積層形成された積層構造を備えている。

#### 【0036】

p-Al<sub>0.47</sub>GaAs 第2 クラッド層 108、p-Al<sub>0.6</sub>GaAs 第3 クラッド層 109、及び p-GaAs コンタクト層 110は、ストライプ状のリッジ形状に形成され、電流注入領域 120を構成している。リッジの両側面及び両脇は、n-GaAs 電流阻止層 111で埋め込まれ、電流非注入領域 121を構成している。

リッジ上面である p-GaAs コンタクト層 110及び n-GaAs 電流阻止層 111の上面には p 側電極 112が形成され、n-GaAs 基板 101の裏面には n 側電極 113が形成されている。

#### 【0037】

本実施形態例で、一例として、n-GaAs バッファ層 102の層厚は0.5  $\mu$ m、n-Al<sub>0.6</sub>GaAs クラッド層 103の層厚は1.0  $\mu$ m、n-Al<sub>0.47</sub>GaAs クラッド層 104の層厚は0.6  $\mu$ m、p-Al<sub>0.47</sub>GaAs 第1 クラッド層 106の層厚は0.3  $\mu$ m、Al<sub>0.55</sub>GaAs エッチングストップ層 107の層厚は0.015  $\mu$ m、p-Al<sub>0.47</sub>GaAs 第2 クラッド層 108の層厚は0.3  $\mu$ m、p-Al<sub>0.6</sub>GaAs 第3 クラッド層 109の層厚は1.0  $\mu$ m、及び p-GaAs コンタクト層 110の層厚は0.5  $\mu$ mである。

#### 【0038】

本実施形態例では、活性層部 105は、光ガイド層を含む光導波層として構成されたSCH (Separated Confinement Heterostructure) 構造、詳しくは膜厚0.05  $\mu$ mのAl<sub>0.3</sub>GaAs 光ガイド層と膜厚0.01  $\mu$ mのAl<sub>0.1</sub>GaAs 活性層とからなるSQW (Single Quantum Well) 構造である。

尚、活性層部 105の構造は、これに限らず、いかような設計或いは構造であってもよい。



## 【0039】

本実施形態例では、活性層部 105 を挟む上下のクラッド層が、それぞれ、 $\text{Al}_{0.6}\text{GaAs}$  クラッド層、及び  $\text{Al}_{0.47}\text{GaAs}$  クラッド層の二層で構成されていて、活性層部 105 側のクラッド層が  $\text{Al}_{0.47}\text{GaAs}$  で、更にそれを挟む外側クラッド層が  $\text{Al}_{0.6}\text{GaAs}$  で構成されている。

これにより、活性層部 105 側のクラッド層の屈折率がその外側のクラッド層より大きくなるので、活性層部 105 よりしみ出した光は、活性層部 105 側のクラッド層内に効率よく閉じ込められる。

## 【0040】

図 7 は、本実施形態例の半導体レーザ素子 100 の層構造のエネルギー準位を示す図である。半導体レーザ素子 100 では、光閉じ込め係数は 3.2164% となる。

## 【0041】

一方、図 8 に示したエネルギー準位図は、本実施形態例の半導体レーザ素子 100 に設けた  $n\text{-Al}_{0.6}\text{GaAs}$  クラッド層 103 及び  $p\text{-Al}_{0.6}\text{GaAs}$  第 3 クラッド層 109 を備えていない、1 層式のクラッド層構造のエネルギー準位図である。

図 8 の層構造は、 $n\text{-Al}_{0.6}\text{GaAs}$  クラッド層 103 及び  $p\text{-Al}_{0.6}\text{GaAs}$  第 3 クラッド層 109 に代えて、膜厚  $1\mu\text{m}$  の  $n\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  クラッド層、及び  $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第 2 クラッド層が存在する構造となっていて、従来の半導体レーザ素子に相当する層構造である。

この構造は、活性層部を挟む  $n\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  クラッド層及び  $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  クラッド層を更に挟む低屈折率材料の  $\text{Al}_{0.6}\text{GaAs}$  クラッド層を備えていない構造であって、この構造の光閉じ込め係数は 3.1645% である。つまり、従来の半導体レーザ素子では、本実施形態例に比べて、光の閉じ込め効果が弱くなる。

## 【0042】

本実施形態例では、 $\text{Al}_{0.55}\text{GaAs}$  エッチングストップ層 107 の膜厚を  $0.015\mu\text{m}$  と薄くしたことにより、活性領域で発生した光に対するエッチング

ストップ層 207 の屈折率による影響が小さくなり、半導体レーザ素子の光学特性に及ぼす影響を低減することができる。

また、本実施形態例では、 $p\text{-Al}_{0.6}\text{GaAs}$  第3クラッド層 109 と  $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第2クラッド層 108 との Al 組成差が 0.13 であり、 $\text{Al}_{0.55}\text{GaAs}$  エッチングストップ層 107 と  $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第2クラッド層 108 との Al 組成差が 0.08 である。これにより、以下の製造方法で説明するように、ストライプ状のリッジ形状を容易に形成することができる。

### 【0043】

#### 半導体レーザ素子の製造方法の実施形態例

本実施形態例は、本発明に係る半導体レーザ素子の製造方法の実施形態の一例である。図2(a)と(b)、図3(c)と(d)、図4(e)と(f)、及び図5は、それぞれ、上述の実施形態例の半導体レーザ素子を製造する際の各工程の層構造を示す断面図である。

#### 第1のエピタキシャル成長工程

まず、図2(a)に示すように、MOVPE法やMOCVD法等の有機金属気相成長法により、第1のエピタキシャル成長工程で、 $n\text{-GaAs}$  基板 101 上に、 $n\text{-GaAs}$  バッファ層 102、 $n\text{-Al}_{0.6}\text{GaAs}$  クラッド層 103、 $n\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  クラッド層 104、活性層部 105、 $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第1クラッド層 106、 $\text{Al}_{0.55}\text{GaAs}$  エッチングストップ層 107、 $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第2クラッド層 108、 $p\text{-Al}_{0.6}\text{GaAs}$  第3クラッド層 109、及び  $p\text{-GaAs}$  コンタクト層 110 を順次エピタキシャル成長させ、ダブルヘテロ構造を有する積層体 116 を形成する。

エピタキシャル成長に際しては、 $n$ 型ドーパントとして Si、Se 等を、 $p$ 型ドーパントとして Zn、Mg、Be 等を使用する。

### 【0044】

#### リッジ形成工程

〔前工程〕

次に、図2(b)に示すように、上述の積層体 116 の上面、つまり  $p\text{-GaAs}$  コンタクト層 110 の上面に CVD (Chemical Vapor Deposition) 法等に

より、 $\text{SiO}_2$  膜 114 を成膜し、更に  $\text{SiO}_2$  膜 114 上に写真触刻によりストライプ状のレジストマスク 115 を形成する。

#### 【0045】

次に、図 3 (c) に示すように、レジストマスク 115 を用い、エッチング技術により  $\text{SiO}_2$  膜 114 をパターンニングして、ストライプ状の  $\text{SiO}_2$  マスク 114 を形成する。 $\text{SiO}_2$  マスク 114 を形成した後、レジストマスク 115 を除去する。

#### 【0046】

次に、 $\text{SiO}_2$  マスク 114 を用いてウエットエッチング技術により、 $\text{p-GaAs}$  コンタクト層 110、 $\text{p-Al}_{0.6}\text{GaAs}$  第 3 クラッド層 109、及び  $\text{p-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第 2 クラッド層 108 を 2 段階ウエットエッチングでエッチングして、ストライプ状のリッジを形成する。

#### 【0047】

〔第 1 段階のウエットエッチング〕

まず、第 1 段階のウエットエッチングで、図 3 (d) に示すように、エッチャントとして例えば硫酸系のエッチャントを用い、 $\text{p-GaAs}$  コンタクト層 110 をエッチングし、次いでエッチング時間を制御して、 $\text{p-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第 2 クラッド層 108 の途中でエッチングを停止させ、エッチングが  $\text{Al}_{0.55}\text{GaAs}$  エッチングストップ層 107 に達しないようにする。

尚、 $\text{p-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第 2 クラッド層 108 と  $\text{Al}_{0.55}\text{GaAs}$  エッチングストップ層 107 との間で硫酸系のエッチャントによりエッチング選択性を生じさせることは極めて難しい。

#### 【0048】

第 1 段階のエッチングで使用するエッチャントの組成は、硫酸 (96%) : 過酸化水素水 (31%) : 水 = 1 : 8 : 40 (比は体積比であり、以下、断りの無い限りエッチャント混合液の比は体積比とする) であり、エッチング時間は 2 分とした。この時間でエッチングを停止させると、 $\text{Al}_{0.55}\text{GaAs}$  エッチングストップ層 107 上に約  $0.2\ \mu\text{m}$  の膜厚の  $\text{p-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第 2 クラッド層 108 が残る。

硫酸系のエッチャントを使ったエッチングは、再現性が良くなく、面内均一性を確保することが難しい。つまり、面内不均一に  $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第2クラッド層108を削ってしまうために、ウエハ面内のエッチングばらつきが大きくなってしまう。従って、このままでは、ウエハ面内で素子ごとにリッジ高さが異なってしまう、屈折率差や放射角特性にバラツキが生ずる。そこで、本実施形態例では、後述の第2段階のエッチングを行う。

#### 【0049】

第1段階のエッチング後は、流水洗浄及び乾燥を行うことなく、しかも大気や水に曝すことなくクエン酸一水和物（50wt%水溶液）からなる洗浄液中にエッチングした積層構造を浸漬し、洗浄液を攪拌しつつウエハ表面にある硫酸系のエッチャントを除去する。攪拌時間は20秒間であった。

ウエハを移動させる際には、ウエハ表面の乾燥による自然酸化を避けるためにウエハ表面を大気や水に曝さないことが望ましい。

#### 【0050】

次いで、生成した表面自然酸化膜及び硫酸系のエッチャントを完全に除去するために、引き続いてクエン酸一水和物（50wt%水溶液）からなる別の新しい洗浄液中にウエハを浸漬させ、攪拌して、リンス洗浄する。攪拌時間は1分間であった。

別の新しい洗浄液にウエハを移動する際も、ウエハ表面の乾燥による自然酸化を避けるために、ウエハ表面を大気や水に曝さないことが望ましく、流水洗浄も行わない。

#### 【0051】

##### 〔第2段階のウエットエッチング〕

次いで、第2段階のウエットエッチングに移行する。第2段階のエッチングでは、エッチャントとしてクエン酸：過酸化水素水の混合液を用い、図4（e）に示すように、残りの  $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第2クラッド層108を  $\text{Al}_{0.55}\text{GaAs}$  エッチングストップ層107までエッチングする。

第2段階のエッチングのエッチャントは、クエン酸一水和物（50wt%水溶液）：過酸化水素水（31%）＝12：1の組成比の混合液を使用し、エッチング

時間は2分とした。

#### 【0052】

クエン酸：過酸化水素水の混合液からなるエッチャントは、 $\text{Al}_{0.6}\text{GaAs}$  エッチングストップ層107に対してエッチング選択性を有する。つまり、 $\text{Al}_{0.6}\text{GaAs}$  エッチングストップ層107は表出した時点で急激に酸化され、上述のエッチャントによるエッチング速度が著しく低下して、エッチングストップ層107で停止する。

第2段階のウエットエッチングのためにエッチャントにウエハを浸漬する際も、ウエハ表面の乾燥による自然酸化を避けるために、ウエハ表面を大気や水に曝さないことが望ましい。また、前処理の流水洗浄も行わない。

#### 【0053】

図6にクエン酸一水和物（50wt%水溶液）：過酸化水素水（31%）＝12：1の混合液からなるエッチャントによる $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 層のエッチングレートのグラフを示す。

グラフは、横軸にエッチング時間〔分〕、縦軸にエッチング量〔 $\mu\text{m}$ 〕を取り、下から順に、 $\text{Al}$ 組成 $x$ が、0.55、0.525、0.5、0.475、0.45、及び0（ $\text{GaAs}$ ）の $\text{AlGaAs}$ 層に対するエッチングレートを示す。

#### 【0054】

図6のグラフから判るように、 $\text{Al}$ 組成が低いほど、エッチングレートは速く、 $\text{Al}_{0.5}\text{GaAs}$ と $\text{Al}_{0.525}\text{GaAs}$ では、大きな選択性を確保できることが分かる。これは、 $\text{Al}$ 組成が0.5ではエッチングできるものの、 $\text{Al}$ 組成が0.525になると、 $\text{Al}$ が過酸化水素の酸素と結合し、酸化 $\text{Al}$ になるために、エッチングできなくなることを示している。

即ち、 $\text{Al}_{0.5}\text{GaAs}$ ではエッチング効果の方が支配的であるが、 $\text{Al}_{0.525}\text{GaAs}$ になると、僅か0.025のみであるものの $\text{Al}$ 組成が高くなるために、過酸化水素の酸素との結合による酸化効果の方が支配的になり全く削れなくなってしまう。

従って、上述のエッチャントを使用することにより、 $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$ 第

2 クラッド層 108 を選択的にエッチングし、Al<sub>0.55</sub>GaAs エッチングストップ層 107 でエッチングを停止させることができる。

#### 【0055】

また、Al<sub>0.55</sub>GaAs エッチングストップ層 107 上の p-Al<sub>0.47</sub>GaAs 第2 クラッド層 108 の膜厚は約 0.2  $\mu$ m であるから、所要エッチング時間は、図6 のグラフに基づく1 分程度でよいが、第2 段階のエッチング時間は、2 分間とした。

これは、前述したように、硫酸系のエッチャントによる第1 段階のエッチングでは、ウエハ面内にエッチングのバラツキが生じているので、第2 段階のエッチングでは、エッチング時間を若干長めに設定して、エッチングむらを解消しているからである。

#### 【0056】

また、図6 から分かるように、GaAs のエッチングレートが最も速い。従って、SiO<sub>2</sub> マスク 114 下部で p-GaAs コンタクト層 110 にアンダーカットが、図4 (e) に示すように、約 0.2  $\mu$ m 進行する。

また、図6 から分かるように、第2 段階のエッチングで使用したエッチャントでは、p-Al<sub>0.6</sub>GaAs 第3 クラッド層 109 はエッチングされない。そのために、第1 段階のエッチングは、硫酸系エッチャントを使い、p-Al<sub>0.47</sub>GaAs 第2 クラッド層 108 に至るエッチングを行っている。

#### 【0057】

本実施形態例のエッチングによるリッジ形成工程では、ウエハ表面を大気や水に曝さないことが重要である。AlGaAs 表面は水や大気などの雰囲気中にさらされると、酸化してしまい、クエン酸系のエッチャントでは最表面の酸化膜の影響で、たちまち削れなくなってしまう、白濁やエッチングむらが生じてしまうからである。

#### 【0058】

### 第2 エピタキシャル成長工程

次に、図4 (f) に示すように、第2 のエピタキシャル成長工程で、SiO<sub>2</sub> マスク 114 を用いてリッジ両側面及びリッジ両脇に n-GaAs 電流阻止層 1

11を選択的に成長させる。

n-GaAs電流阻止層111は、リッジ斜面及び外部に成長し、SiO<sub>2</sub>マスク114上には成長しない。

#### 【0059】

##### 電極形成工程

次に、図2(7)に示すように、SiO<sub>2</sub>マスク114を除去した後、p-GaAsコンタクト層110及びn-GaAs電流阻止層111上にp側電極112を形成し、n-GaAs基板101の裏面にn側電極113を形成する。

これにより、図1に示す層構造を有するレーザ用半導体ウエハを得ることが出来る。

このレーザ用半導体ウエハをリッジストライプ方向と垂直方向にヘキ開することにより、一対の共振器反射面を持つ半導体レーザ素子を製造することができる。

#### 【0060】

本実施形態例の半導体レーザ素子100では、p-Al<sub>0.47</sub>GaAs第2クラッド層108とAl<sub>0.55</sub>GaAsエッチングストップ層107のAl組成差が0.08と小さな差であるものの、クエン酸を含む本発明で特定したエッチャントを使用することによってエッチング選択性を充分にとることができ、リッジ形成が容易になる。

一方、エッチングストップ層107のAl組成が0.55と大きいので、エッチングストップ層107でのキャリアの再結合が抑制され、素子抵抗が低く、動作電圧の低い半導体レーザ素子を実現できる。

また、エッチングストップ層がAlGaAsであるから、第1のエピタキシャル成長工程で炉の成長温度を変えずにエッチングストップ層を成長させることができる。よって、簡便に且つ短時間で積層体116を形成することができるので、半導体レーザ素子を低コストで製造することができる。

#### 【0061】

また、本実施形態例の製造方法によれば、リッジ形成の際に、クエン酸水溶液と過酸化水素水の混合液を含めた二種類以上のエッチャントを使用し、リッジ形

成プロセス中にウエハを大気中に曝すことがないので、ウエハ表面の自然酸化が防止され、ウエハ表面の白濁やエッチングむら等のない再現性の良いエッチングプロセスが可能となる。

#### 【0062】

また、本実施形態例では、 $\text{Al}_{0.55}\text{GaAs}$  エッチングストップ層 107 の  $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第 2 クラッド層 108 に対する  $\text{Al}$  組成差を 0.08 としたが、この  $\text{Al}$  組成差は 0.025 以上であり、クエン酸一水和物（50wt%水溶液）：過酸化水素水（31%）の組成比をエッチング選択性がとれる値にすれば、 $\text{Al}$  組成差及びエッチャントの組成比には、制約はない。

#### 【0063】

例えば、図 9 に示すように、クエン酸一水和物（50wt%水溶液）：過酸化水素水（31%）＝11：1 の混合液からなるエッチャントを使ったとき、 $\text{Al}_{0.475}\text{GaAs}$  と  $\text{Al}_{0.5}\text{GaAs}$  で大きな選択性が取れることが分かる。

図 9 は、クエン酸一水和物（50wt%水溶液）：過酸化水素水（31%）＝11：1 の混合液のエッチャントによる  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  層のエッチングレートのグラフであって、横軸にエッチング時間〔分〕、縦軸にエッチング量〔 $\mu\text{m}$ 〕を取り、下から順に、 $\text{Al}$  組成  $x$  が、0.55、0.525、0.5、0.475、0.45、及び 0（ $\text{GaAs}$ ）の  $\text{AlGaAs}$  層に対するエッチングレートを示す。

#### 【0064】

また、本実施形態例では、 $n\text{-GaAs}$  電流阻止層 111 をリッジ斜面及びリッジ脇に成長させ、リッジを埋め込む形状としたが、リッジは導波機構の設計上いかなる形状としてもよい。

また、本実施形態例では、 $\text{Al}_{0.55}\text{GaAs}$  エッチングストップ層 107 をリッジ脇に残す構造としたが、これを除去した構造としてもよい。

更に、本実施形態例では、 $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第 1 クラッド層 106 と  $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第 2 クラッド層 108 の  $\text{Al}$  組成を同じいしているが、異なってもよい。また、 $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$  第 1 クラッド層の  $\text{Al}$  組成は、エッチングストップ層を兼ねる値であってもよく、エッチングストップ層と同一のも



のであっても良い。

また、本実施形態例では、基板として  $n\text{-GaAs}$  基板を用いているが、これに限らず、 $p\text{-GaAs}$  基板を用いて形成してもよいことは言うまでもない。

#### 【0065】

##### 【発明の効果】

第1の発明によれば、第2クラッド層のA1組成を第1クラッド層のA1組成より大きくして、第1クラッド層の屈折率を第2クラッド層のクラッド層より高くすることにより、活性層よりしみ出した光を第1クラッド層内に効率良く閉じ込めることができ、半導体レーザ素子の光閉じ込め係数を高くすることができる。

#### 【0066】

第2の発明によれば、エッチングストップ層のA1組成比  $z$ 、第1クラッド層及び第2クラッド層のA1組成比  $x$ 、並び第3クラッド層  $y$  を、 $x < z$  で、かつ  $x < y$  であり、 $x$  と  $z$  の差が0.025以上に設定することにより、第1の発明の効果に加えて、以下の効果を奏することができる。

第2の発明は、第1クラッド層及び第2クラッド層のA1組成比  $x$  とエッチングストップ層のA1組成比  $z$  の差が0.025以上と小さな差であることから、エッチングストップ層での素子抵抗を低減でき、閾値電流の低い半導体レーザ素子が実現できる。

また、第2の発明で特定したエッチングストップ層を備えることにより、リッジ形成に際し、エッチングストップ層と第2クラッド層との間でエッチング選択性を有するエッチャントの選定が可能になり、例えばクエン酸系エッチャントを選定して、簡易なプロセスで再現性良くリッジを形成することができる。

第2の発明では、エッチングストップ層がクラッド層と同じ  $\text{AlGaAs}$  系化合物半導体層で形成されているので、第1クラッド層、エッチングストップ層、第2クラッド層、第3クラッド層、及びコンタクト層のエピタキシャル成長を連続して行うことができる。

#### 【0067】

本発明方法によれば、コンタクト層、第3クラッド層、及び第2クラッド層の

途中まで例えば硫酸系エッチャントでウエットエッチングする第1エッチング工程と、第2クラッド層の残部をエッチングストップ層までクエン酸水溶液と過酸化水素水との混合液からなるエッチャントでウエットエッチングする第2エッチング工程とで、リッジ形成工程を構成している。これにより、以下の効果を奏することができる。

本発明方法では、クエン酸水溶液と過酸化水素水との混合液からなるエッチャントでウエットエッチングすることが難しい第3クラッド層及びGaAsコンタクト層を第1エッチング工程で硫酸系エッチャントでウエットエッチングし、次いでエッチングストップ層に対してエッチング選択性を有するエッチャントで第2クラッド層の残部を除去して、リッジを形成する。

第1エッチング工程で、エッチングの面内均一性が良好でなく、エッチングむらが生じていても、第2エッチング工程で良好な面内均一性でエッチングできるので、半導体レーザ素子の特性がばらつくようなことが生じない。

#### 【0068】

本発明方法によれば、エッチングストップ層として上述のようにAl組成を特定したAlGaAs層を設けることにより、リッジを形成する際のエッチングストップ層は $0.015\mu\text{m}$ 以上 $0.02\mu\text{m}$ 以下に薄く構成してもエッチング選択性を充分にとることができ、リッジ形成が容易にできる。

また、本発明の方法によれば、エッチングストップ層がクラッド層と同じ $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$  ( $0 < z \leq 1$ ) で形成されているので、第1のエピタキシャル成長工程でエッチングストップ層を成長させる際、炉の成長温度を変える必要がなく、第1クラッド層、エッチングストップ層、第2クラッド層、第3クラッド層、及びコンタクト層のエピタキシャル成長を連続して行うことができる。つまり、本発明方法によれば、簡便に且つ短時間で半導体レーザ素子の積層構造を形成することができるので、低コストの半導体レーザ素子の実現できる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

実施形態例の半導体レーザ素子の構成を示す断面図である。

##### 【図2】

図 2 (a) と (b) は、それぞれ、実施形態例の半導体レーザ素子を製造する際の各工程の層構造を示す断面図である。

【図 3】

図 3 (c) と (d) は、それぞれ、図 2 (b) に続いて実施形態例の半導体レーザ素子を製造する際の各工程の層構造を示す断面図である。

【図 4】

図 4 (e) と (f) は、それぞれ、図 3 (d) に続いて実施形態例の半導体レーザ素子を製造する際の各工程の層構造を示す断面図である。

【図 5】

図 4 (f) に続いて実施形態例の半導体レーザ素子を製造する際の各工程の層構造を示す断面図である。

【図 6】

クエン酸一水和物 (50 wt% 水溶液) : 過酸化水素水 (31%) = 12 : 1 の混合液からなるエッチャントによる  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  層のエッチングレートのグラフである。

【図 7】

実施形態例の半導体レーザ素子の層構造のエネルギー準位を示す図である。

【図 8】

従来の半導体レーザ素子の層構造のエネルギー準位を示す図である。

【図 9】

クエン酸一水和物 (50 wt% 水溶液) : 過酸化水素水 (31%) = 11 : 1 の混合液のエッチャントによる  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  層のエッチングレートのグラフである。

【図 10】

従来の半導体レーザ素子の構成を示す断面図である。

【図 11】

図 11 (a) と (b) は、それぞれ、従来の半導体レーザ素子を製造する際の各工程の層構造を示す断面図である。

【図 12】

図12(c)と(d)は、それぞれ、図11(b)に続いて実施形態例の半導体レーザ素子を製造する際の各工程の層構造を示す断面図である。

【図13】

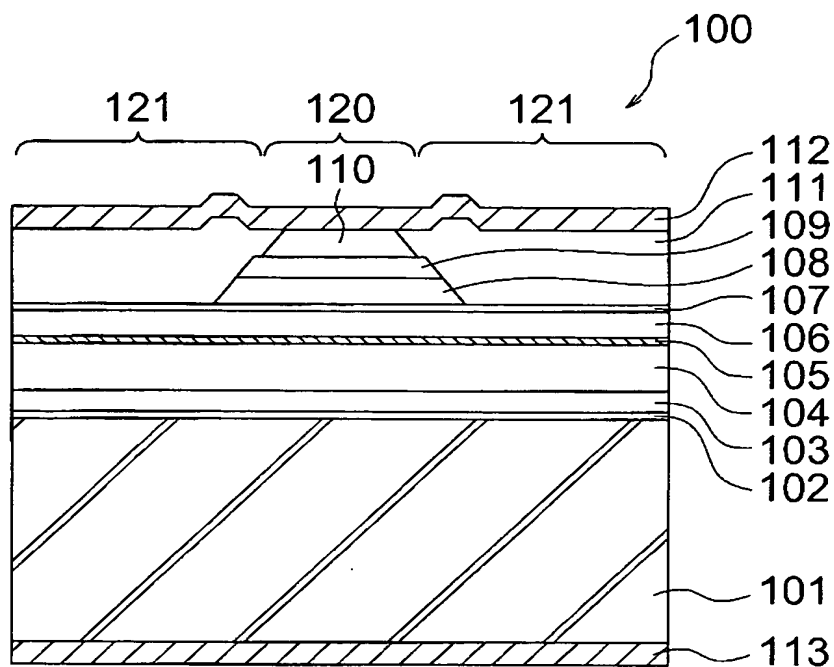
図13(e)と(f)は、それぞれ、図12(d)に続いて実施形態例の半導体レーザ素子を製造する際の各工程の層構造を示す断面図である。

【符号の説明】

100……実施形態例の半導体レーザ素子、101……n-GaAs基板、102……n-GaAsバッファ層、103……n-Al<sub>0.6</sub>GaAsクラッド層、104……n-Al<sub>0.47</sub>GaAsクラッド層、105……活性層部、106……p-Al<sub>0.47</sub>GaAs第1クラッド層、107……p-Al<sub>0.55</sub>GaAsエッチングストップ層、108……p-Al<sub>0.47</sub>GaAs第2クラッド層、109……p-Al<sub>0.6</sub>GaAs第3クラッド層、110……p-GaAsコンタクト層、111……n-GaAs電流阻止層、112……p側電極、113……n側電極、114……SiO<sub>2</sub>膜、SiO<sub>2</sub>マスク、115……レジストマスク、116……積層体、120……電流注入領域、121……電流非注入領域、200……従来の半導体レーザ素子、201……n型GaAs基板、202……n-GaAsバッファ層、203……n-Al<sub>0.47</sub>GaAsクラッド層、204……活性層部、205……p-Al<sub>0.47</sub>GaAs第1クラッド層、206……エッチングストップ層、207……p-Al<sub>0.47</sub>GaAs第2クラッド層、208……p-GaAsコンタクト層、210……積層体、211……n-GaAs電流阻止層、212……p側電極、213……n側電極、214……SiO<sub>2</sub>膜、SiO<sub>2</sub>マスク、215……レジストマスク、220……電流注入領域、221……電流非注入領域。

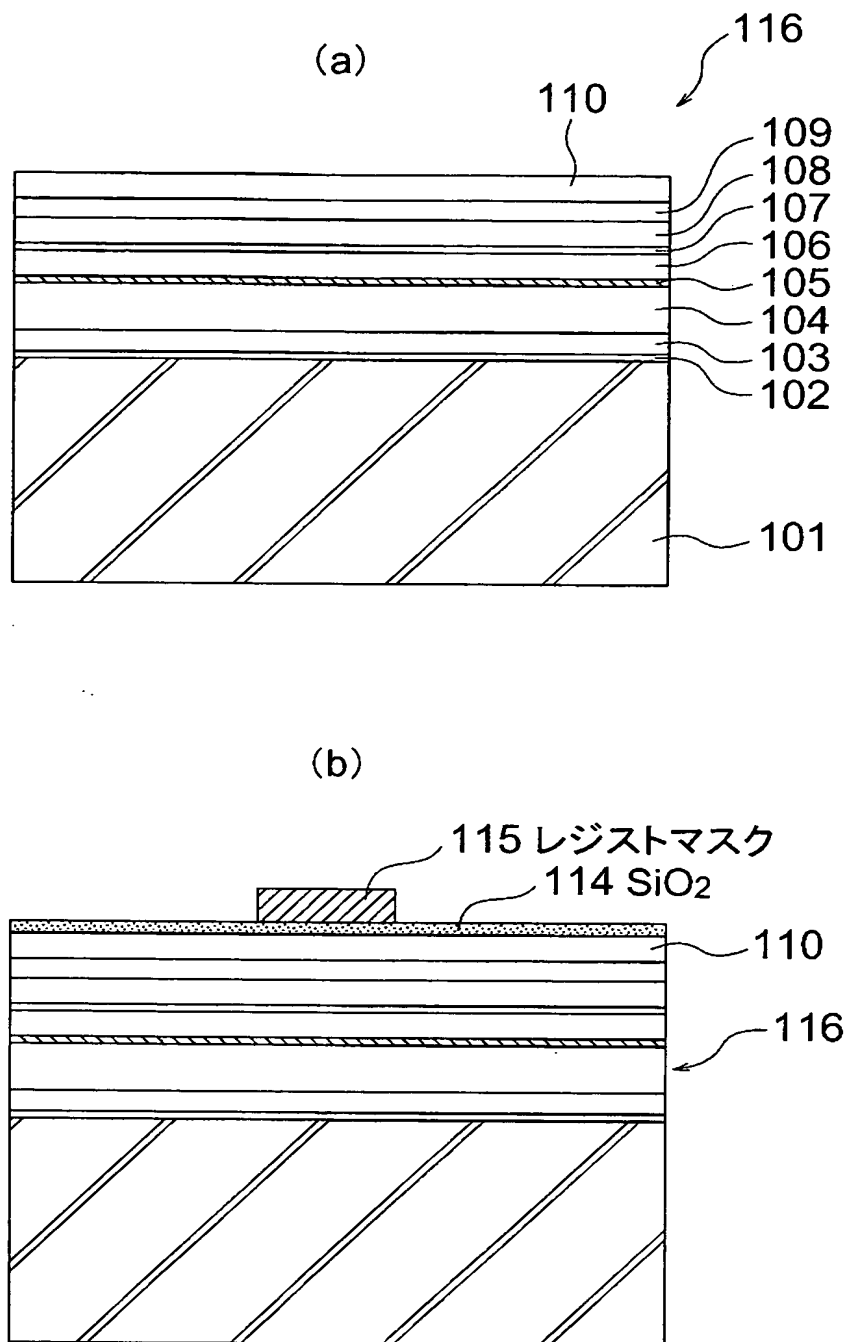
【書類名】 図面

【図1】

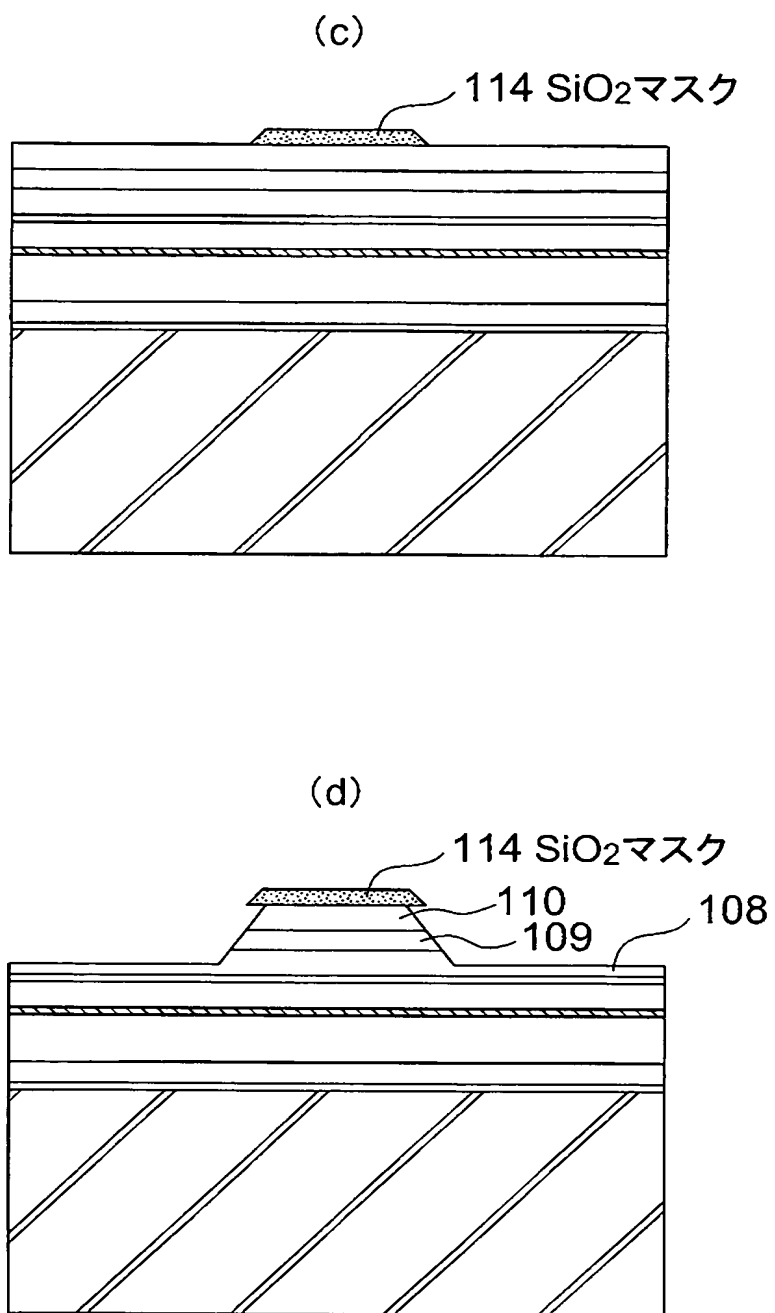


- 100……実施形態例の半導体レーザ素子  
 101……n-GaAs基板  
 102……n-GaAバッファ層  
 103……n-Al<sub>0.6</sub>GaAsクラッド層  
 104……n-Al<sub>0.47</sub>GaAsクラッド層  
 105……活性層部  
 106……p-Al<sub>0.47</sub>GaAs第1クラッド層  
 107……p-Al<sub>0.55</sub>GaAsエッチングストップ層  
 108……p-Al<sub>0.47</sub>GaAs第2クラッド層  
 109……p-Al<sub>0.6</sub>GaAs第3クラッド層  
 110……p-GaAsコンタクト層  
 111……n-GaAs電流阻止層  
 112……p側電極  
 113……n側電極  
 120……電流注入領域  
 121……電流非注入領域

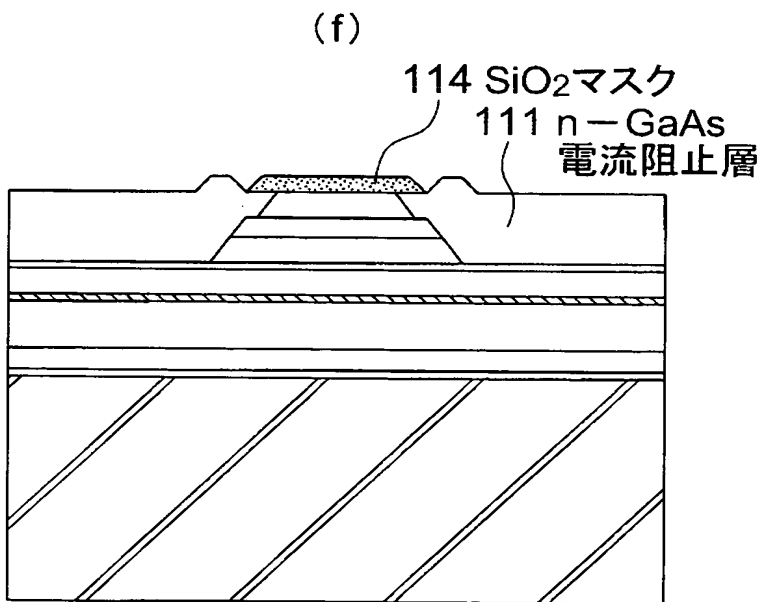
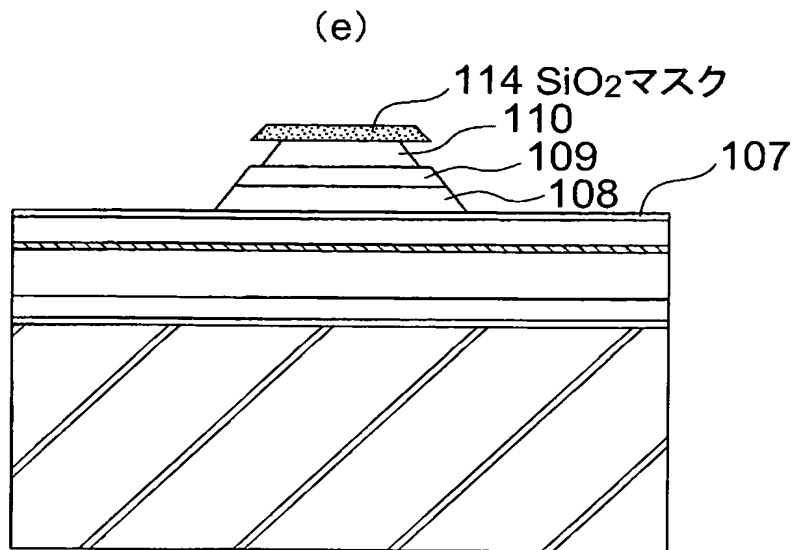
【図 2】



【図 3】

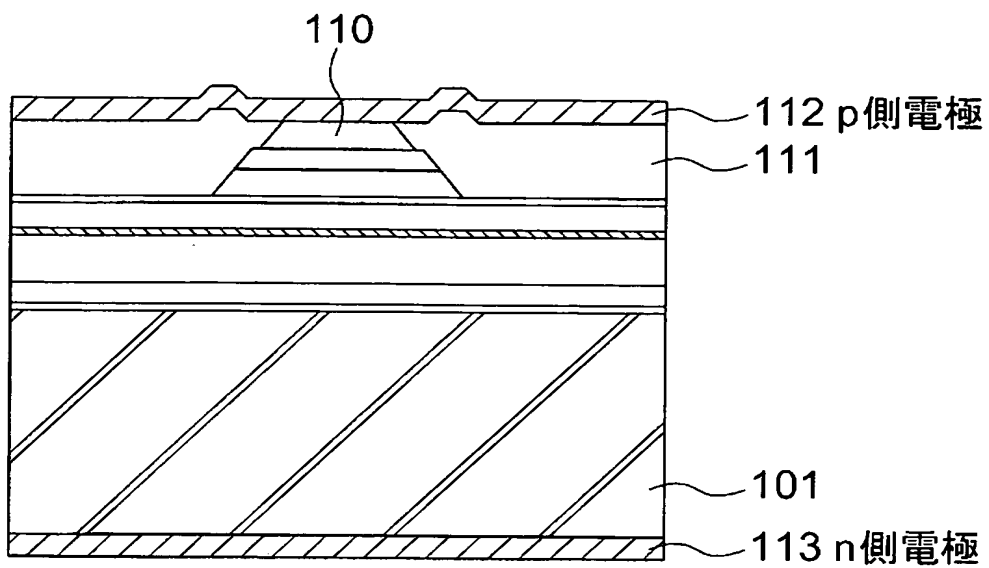


【図 4】



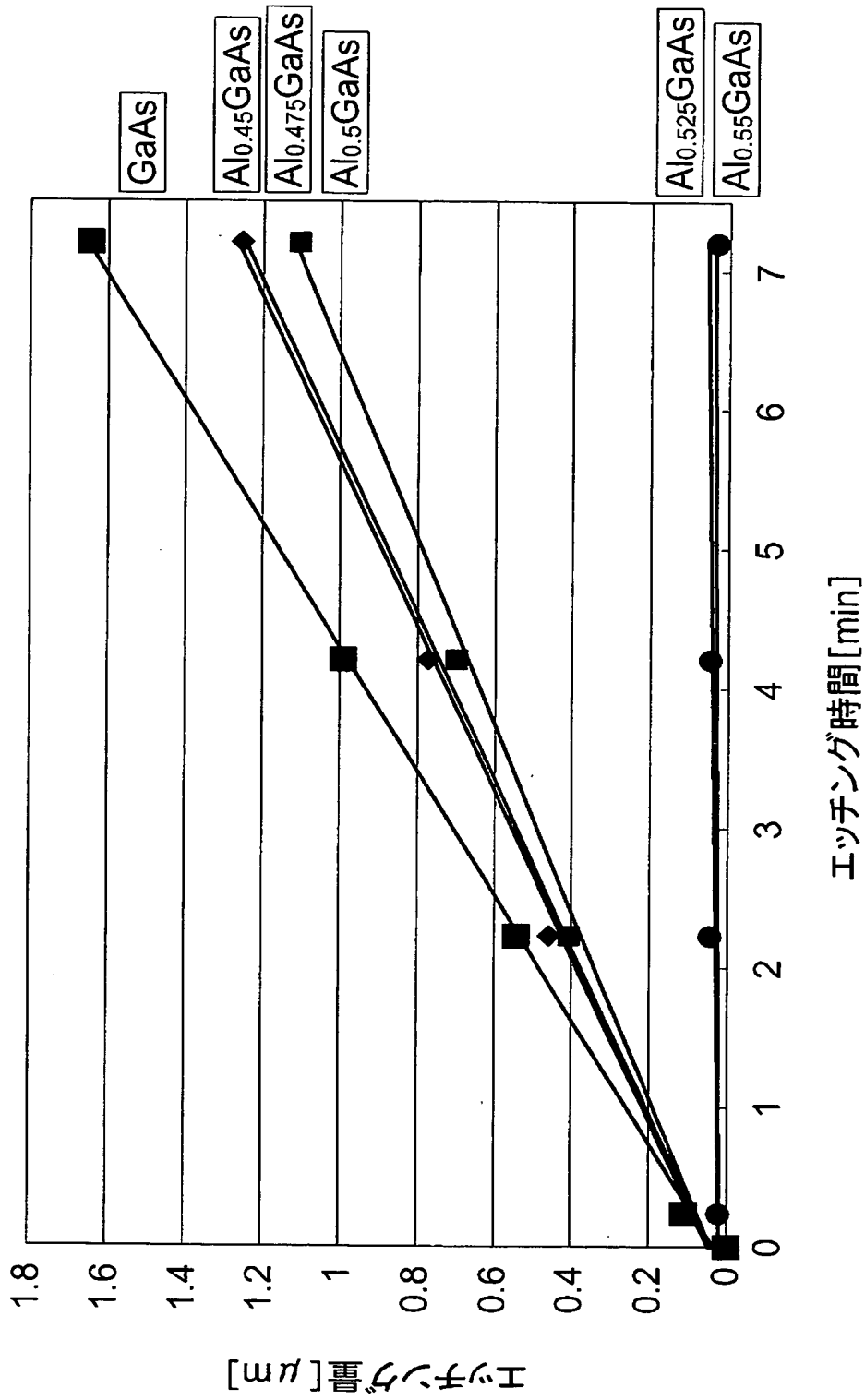


【図 5】

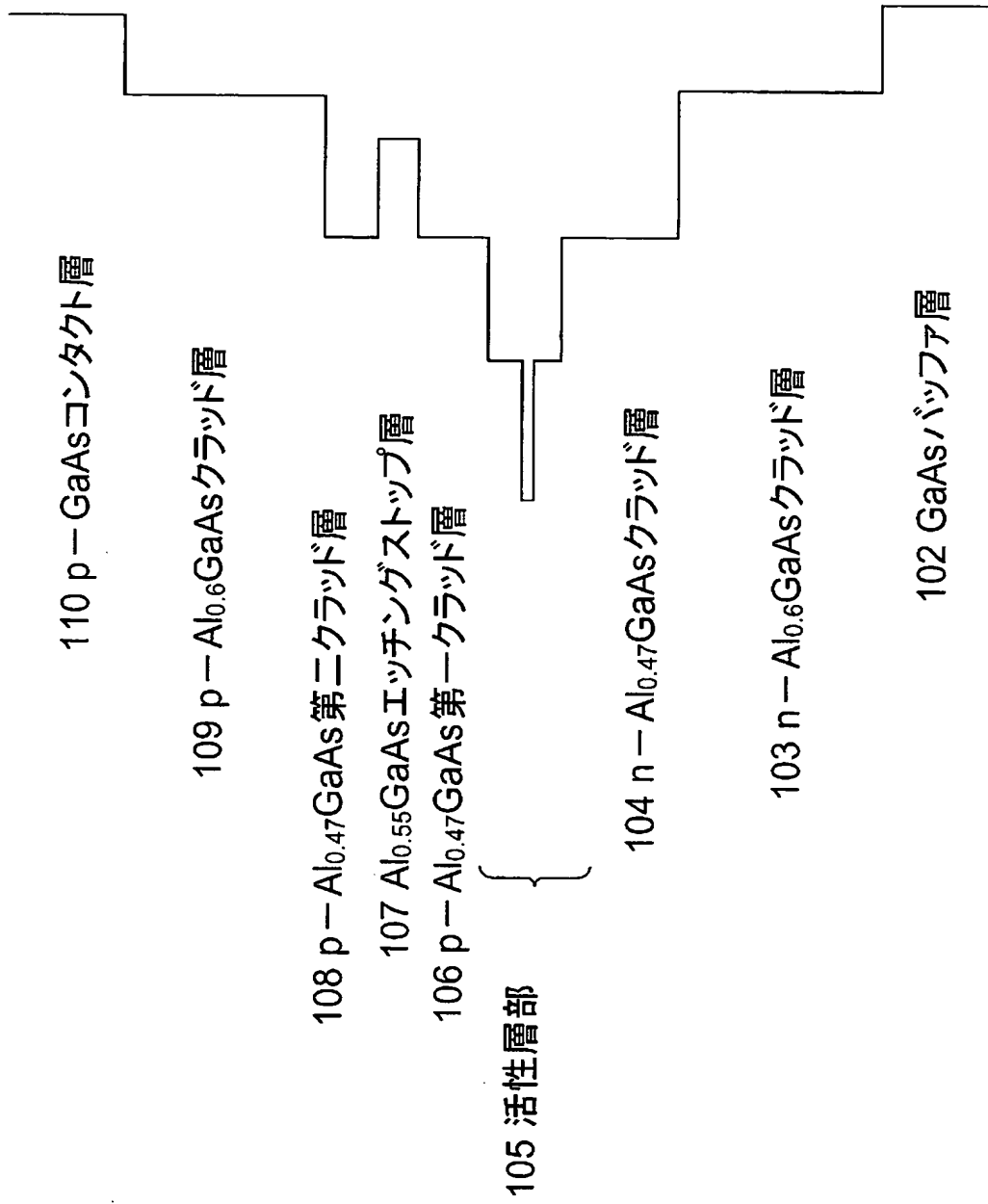


【図 6】

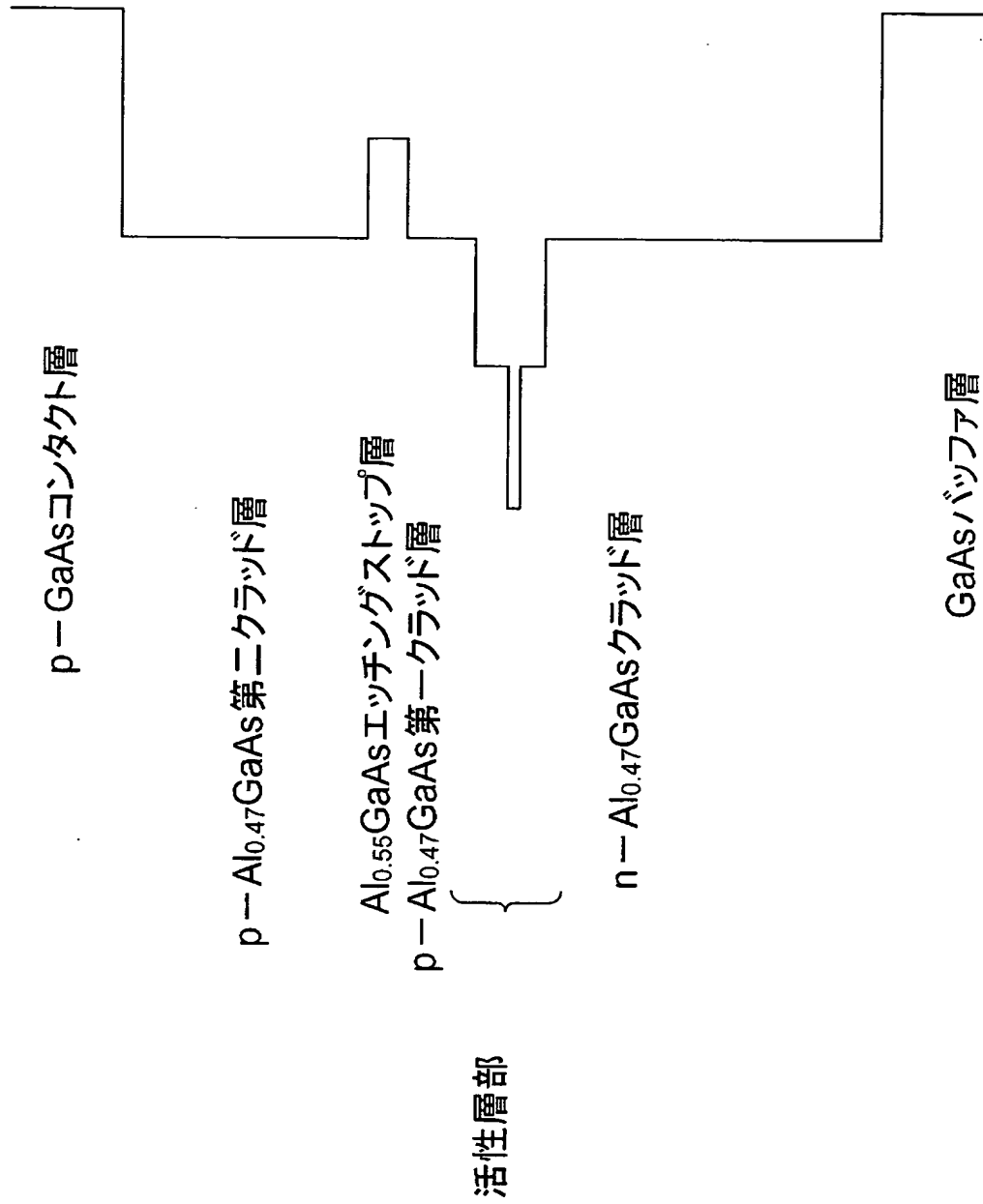
クエン酸一水和物(50%水溶液):過酸化水素水(31%)=12:1  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ エッチング量



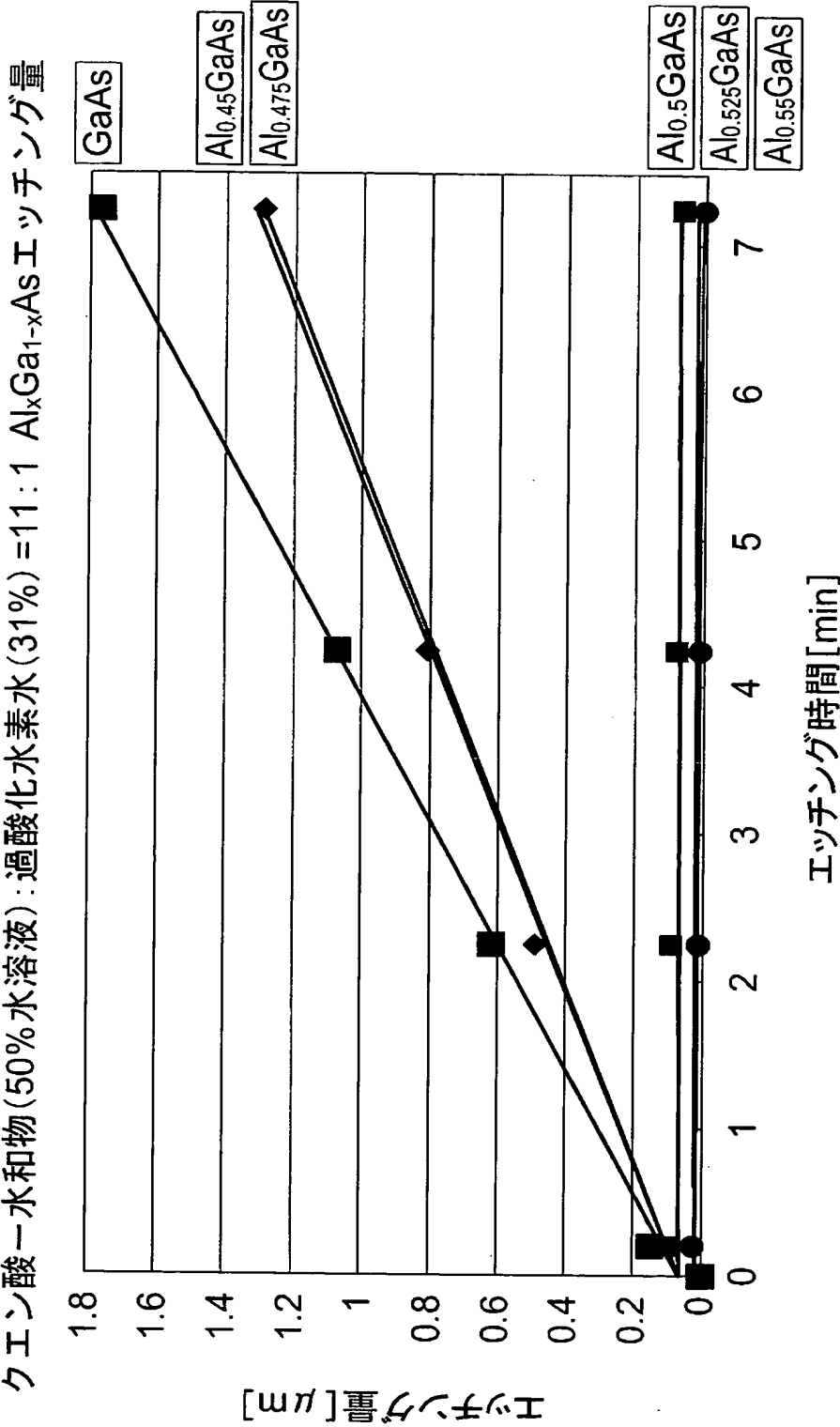
【図 7】



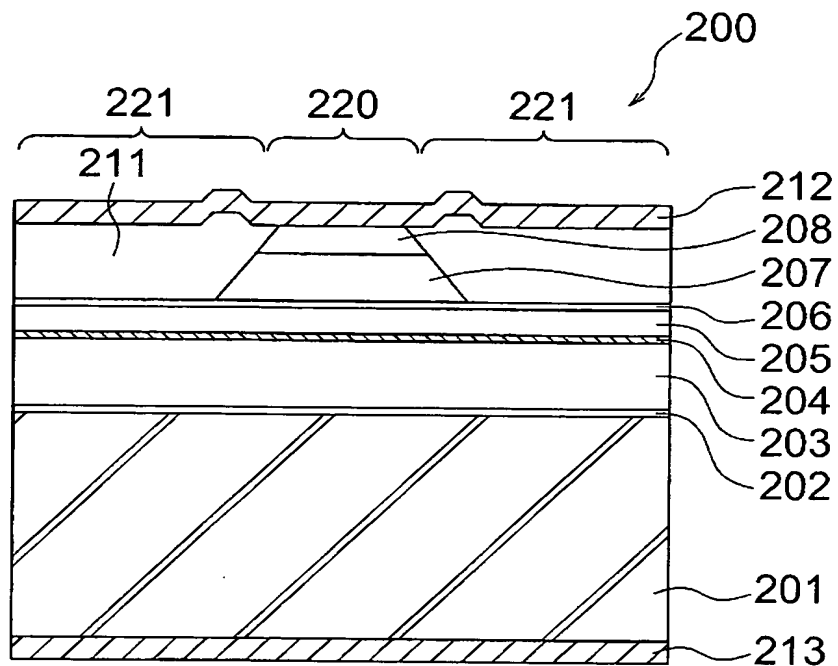
【図 8】



【図 9】

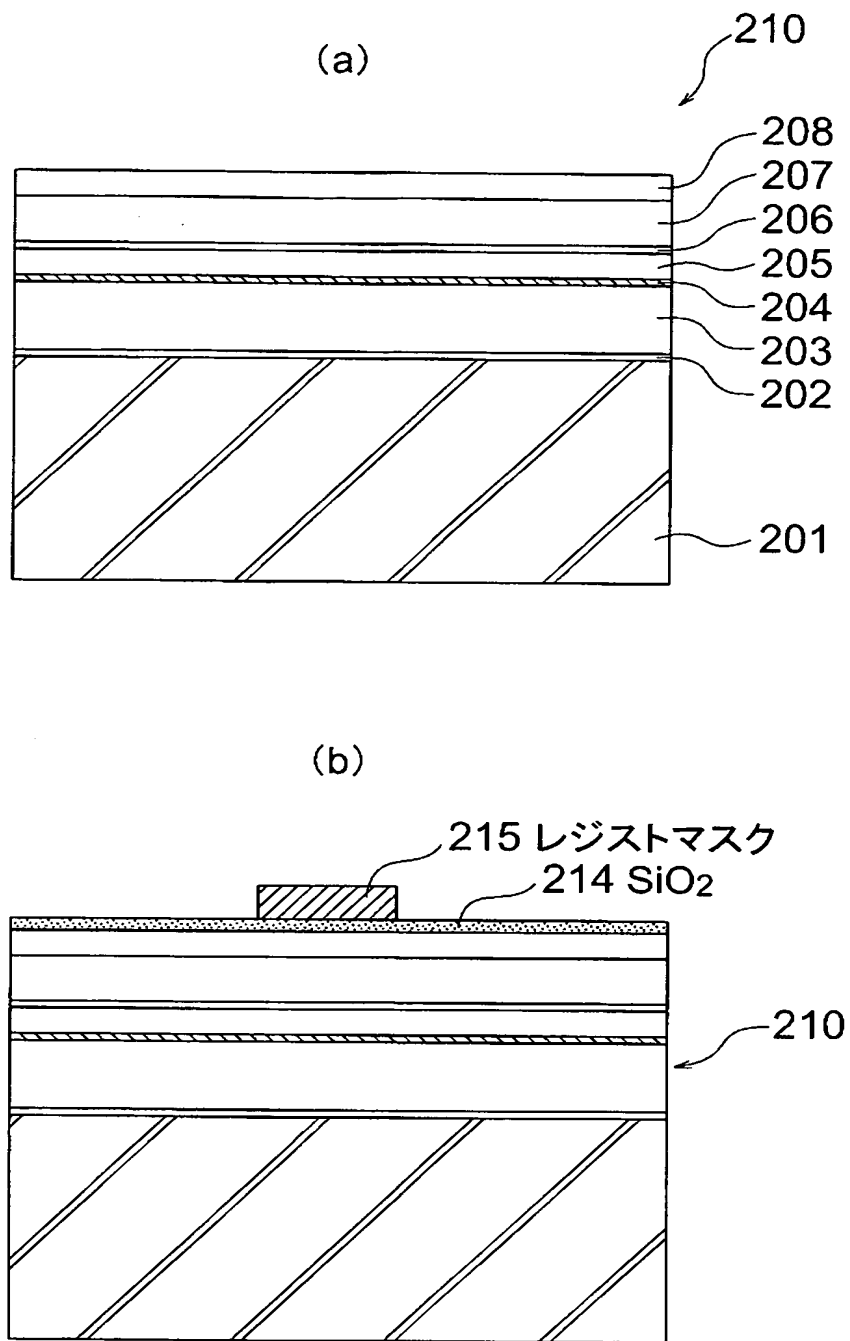


【図10】

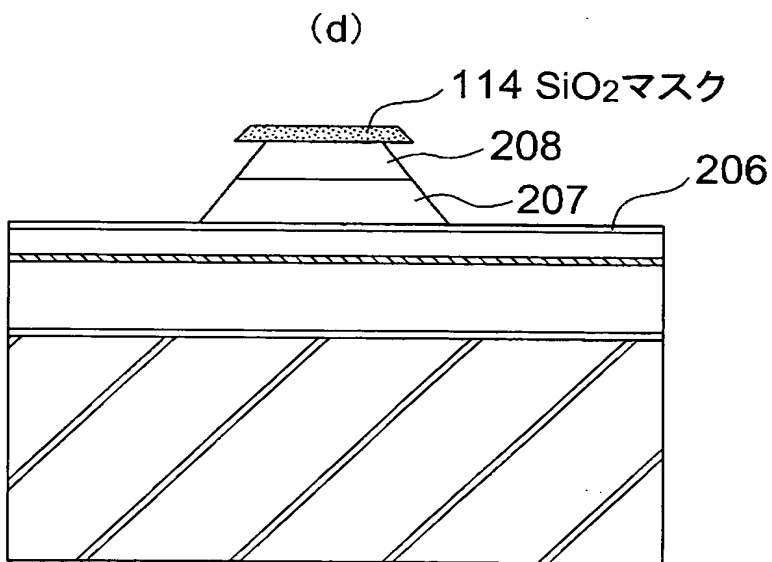
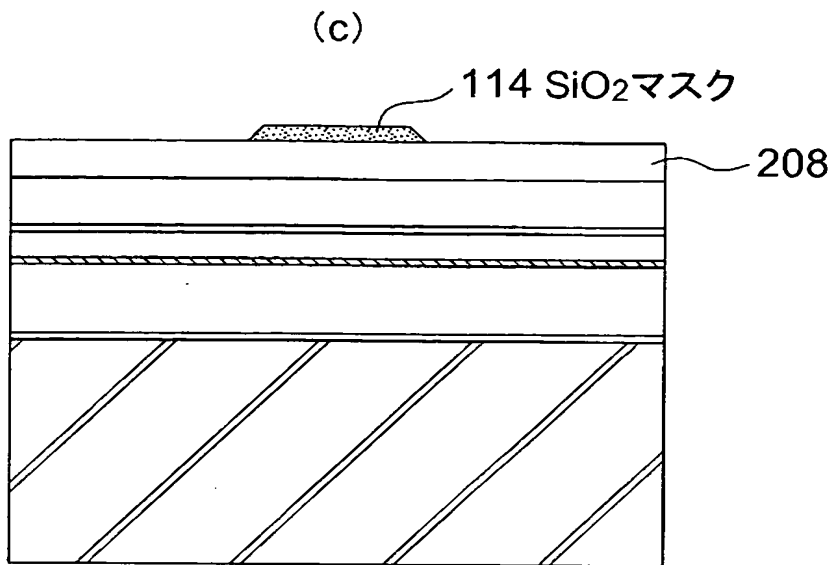


- 200……従来の半導体レーザ素子
- 201……n型GaAs基板
- 202……n-Al<sub>0.47</sub>GaAsバッファ層
- 203……n-Al<sub>0.47</sub>GaAsクラッド層
- 204……活性層部
- 205……p-Al<sub>0.47</sub>GaAs第1クラッド層
- 206……エッチングストップ層
- 207……p-Al<sub>0.47</sub>GaAs第2クラッド層
- 208……p-GaAsコンタクト層
- 211……n-GaAs電流阻止層
- 212……p側電極
- 213……n側電極
- 220……電流注入領域
- 221……電流非注入領域

【図 11】

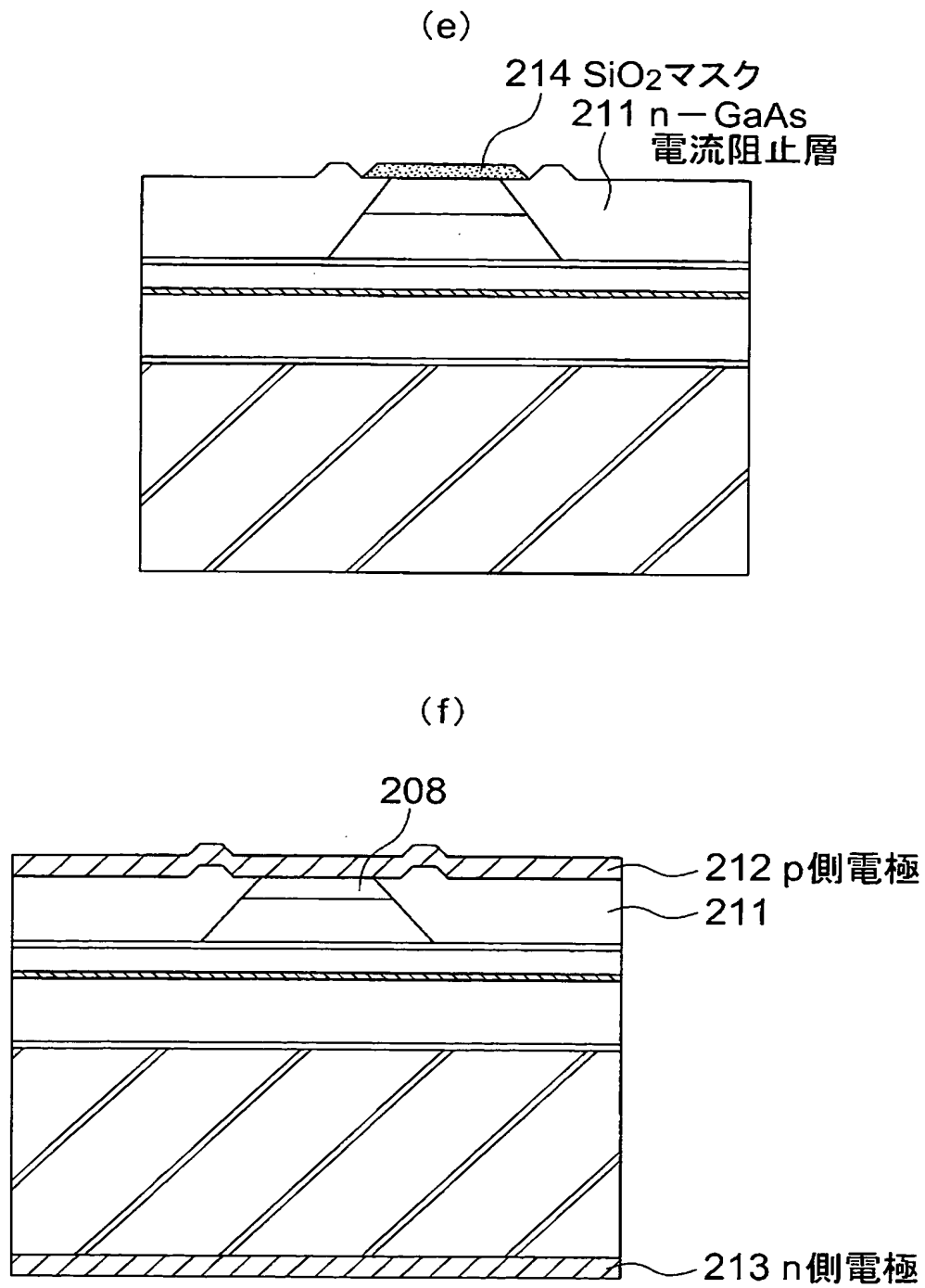


【図 12】





【図13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 縦方向の光閉じ込め効率が良好で、閾値電流が低く、素子抵抗の小さい半導体レーザ素子を提供する。

【解決手段】 本半導体レーザ素子は、基板上に、バッファ層、 $n\text{-Al}_{0.6}\text{GaAs}$ クラッド層103、 $n\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$ クラッド層104、活性層部105、 $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$ 第1クラッド層106、 $\text{Al}_{0.55}\text{GaAs}$ エッチングストップ層107、 $p\text{-Al}_{0.47}\text{GaAs}$ 第2クラッド層108、 $p\text{-Al}_{0.6}\text{GaAs}$ 第3クラッド層109、及び $p\text{-GaAs}$ コンタクト層110からなる積層構造を備える。第2、第3クラッド層、及びコンタクト層はストライプ状リッジとして形成され、電流注入領域となる。リッジ両脇は $n\text{-GaAs}$ 電流阻止層で埋め込まれ、電流非注入領域となる。活性層部側のクラッド層の屈折率はその外側のクラッド層より大きいので、活性層部よりしみ出した光を活性層部側のクラッド層内に効率よく閉じ込めることができる。エッチングストップ層の膜厚が薄いので、光に対する影響が小さくなり、光学特性に及ぼす影響を低減することができる。

【選択図】 図1

(  
特願 2 0 0 3 - 0 1 4 4 5 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 2 1 8 5 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 3 0 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号
氏 名	ソニー株式会社